1T

УДК 004.832.2

В.Ю. Тітова
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна
Sobaka2032@rambler.ru

Інтелектуальний метод вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей для оперативно-чергових служб органів внутрішніх справ

У статті розглянуто задачу розпізнавання ситуацій великих розмірностей, яка вирішується оперативним черговим оперативно-чергової служби після надходження інформації про виникнення ситуації. Дана задача належить до важкоформалізованих задач, а тому для її розв’язання було застосовано інтелектуальні методи, а саме метод прямонапрямленої неповнозв’язної нейромережі.

Вступ

Задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей в системі органів внутрішніх справ притаманні наступні особливості:

– джерелом інформації є людина, а тому вхідні дані можуть бути неточними, помилковими, суперечливими та мати суб’єктивний характер;

– наявна велика кількість можливих рішень, що потребує значних затрат часу для розв’язання задачі шляхом повного перебору усіх наявних варіантів. Крім того, вхідні дані можуть змінюватись у процесі розв’язання задачі, а при зміні хоча б одного значення необхідно перебирати усі наявні варіанти спочатку;

– вхідні дані важко представити у вигляді числових даних, а тому розв’язання задачі не може бути зведене до числових розрахунків.

Отже, задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей належать до важкоформалізованих задач. На сьогоднішній день для вирішення подібних задач у різних галузях застосовуються штучні нейронні мережі (ШНМ) [1].

Тому для вирішення даної задачі розпізнавання також використаємо нейромережний підхід.

Характеристика предметної області

Оперативна чергова служба (ОЧС) – самостійний структурний підрозділ в системі управління внутрішніх справ, покликаний здійснювати керівництво і контроль за діяльністю різних служб і виконувати задачі з охорони громадського порядку і боротьби зі злочинністю [1].

Основною діючою особою ОЧС, яка приймає повідомлення про виникнення ситуації, попередньо оцінює ситуацію та приймає рішення для її вирішення, є оперативний черговий (ОЧ).

Рішення, які приймаються ОЧ, повинні бути ретельно продумані й обґрунтовані, тому що вони стосуються людей, їх матеріального, фізичного і духовного стану.

Робота ОЧ полягає у вирішенні задач [2]:

– обробки первинної інформації та перевірки її на предмет вірогідності, значущості, корисності, визначенні необхідних для подальшої роботи даних;

– розпізнавання ситуації та прийняття на основі наявної інформації деякого набору первинних рішень;

– прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків виконання кожного з первинних рішень;

– прийняття остаточного рішення на основі аналізу наслідків.

Ситуація з точки зору ОЧ – це обставини, спричинені соціальним, природним, іншими факторами та/або які порушують чинне кримінальне, адміністративне, інші законодавства, вирішення яких потребує від нього прийняття певних рішень в контексті своїх посадових обов'язків.

Задача розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень базується на віднесенні поточної ситуації до одного з відомих класів та визначенні наступних дій для вирішення ситуації. Умовами, необхідними для вирішення задачі розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень, є її статус, тип та місце ситуації. У свою чергу, статус ситуації залежить від обставин (конкретних подій, осіб, що брали в них участь або були свідками, кількості свідків, часу, що минув від початку ситуації до надходження повідомлення про неї). Кількість свідків може залежати від часу доби, дня, часу року, місця ситуації тощо. На рис. 1 зображено схему взаємозв'язків та залежностей між умовами, що характеризують ситуацію, та її можливими рішеннями.

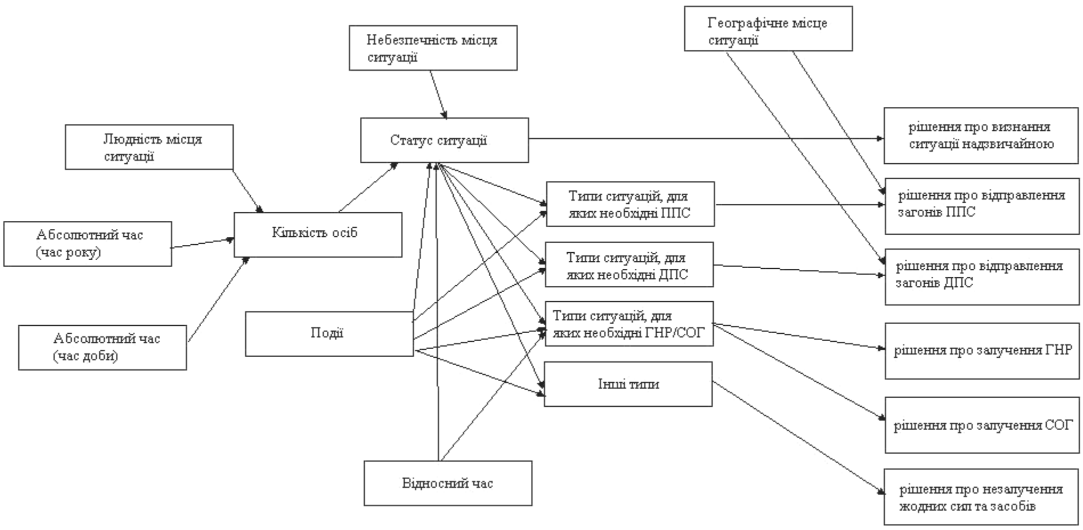


Рисунок 1 – Схема взаємозв'язків та залежностей між умовами, що характеризують ситуацію, та її можливими рішеннями

Математична модель задачі розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень являє собою набір умов [3]:

$$
\begin{aligned}
& r_j \in R_1, \text{якщо } R_{НАДЗ} \to \max \\
& r_j \in R_2, \text{якщо } R_{НАДЗ}, R_{ДПС}, R_{ГНР/СОГ}, R_{НЕЗ} \to \min, R_{ППС} \to \max \\
& r_j \in R_2 \cup R_3, \text{якщо } R_{НАДЗ}, R_{ГНР/СОГ}, R_{НЕЗ} \to \min, R_{ППС}, R_{ДПС} \to \max \\
& r_j \in R_2 \cup R_4, \text{якщо } R_{НАДЗ}, R_{ДПС}, R_{НЕЗ} \to \min, R_{ППС}, R_{ГНР/СОГ} \to \max \\
& r_j \in R_2 \cup R_3 \cup R_4, \text{якщо } R_{НАДЗ}, R_{НЕЗ} \to \min, R_{ППС}, R_{ДПС}, R_{ГНР/СОГ} \to \max \\
& r_j \in R_5, \text{якщо } R_{НЕЗ} \to \max
\end{aligned}
\tag{1}
$$

де R_1 – множина рішень про визнання ситуації надзвичайною; R_2 – множина рішень про необхідність залучення загонів патрульно-постової служби (ППС); R_3 – множина рішень про необхідність застосування загонів дорожньо-патрульної служби (ДПС); R_4 – множина рішень про необхідність застосування груп негайного реагування або слідчо-оперативних груп (ГНР/СОГ); R_5 – множина рішень про незалучення жодних зазначених сил та засобів; r_j – одне з можливих рішень конкретної ситуації; $R_{НАДЗ}$ – необхідність визнання ситуації надзвичайною; $R_{ППС}$ – необхідність застосування загонів ППС; $R_{ДПС}$ – необхідність застосування загонів ДПС; $R_{ГНР/СОГ}$ – необхідність застосування ГНР/СОГ; $R_{НЕЗ}$ – необхідність незалучення жодних зазначених сил та засобів.

Її розв'язок знаходять з наближеного набору експертних правил [3].

В системі підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб (СППР ОЧС) дана задача вирішувалася підсистемою прийняття первинних рішень, яка базувалася на штучній нечіткій нейронній мережі [4].

Використання зазначеного методу мало ряд суттєвих переваг [4]:

– навчання здійснювалося за допомогою алгоритмів навчання нейромереж, які мають переваги при обробці недостовірних даних, джерелом яких є людина;

– усі висновки робилися на основі нечіткої логіки, у функції та вирази якої було перетворено набір правил математичної моделі задачі розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень.

Однак в результаті досліджень якості решень нечіткої нейромережі було виявлено суттєвий недолік даного підходу. А саме, зі збільшенням кількості правил якість результатів роботи мережі знижується.

В ході досліджень було виявлено, що кількість правил z залежить від кількості загонів ППС h та ДПС g на дільниці та розраховується за формулою $z = h*(3*g + 3) + 2$.

Отже, використання СППР ОЧС у центральних відділеннях міських та обласних УМВС, де кількість загонів ППС та ДПС становить кілька десятків, може призвести до зниження якості розпізнавання ситуацій системою, що в подальшому вплине на якість остаточного рішення. Тому математичну модель на основі набору продукційних правил недоцільно використовувати для задач розпізнавання ситуацій великої розмірності.

Для усунення зазначеного недоліку було розроблено математичну модель, яка не використовує набір продукційних правил:

$$R = \{r_1, r_{2,f}, r_{3,g}, r_{4,1}, r_{4,2}, r_5, r_{2,f} + r_{3,g}, r_{2,f} + r_{4,1}, r_{2,f} + r_{4,2}, r_{2,f} + r_{3,g} + r_{4,1}, r_{2,f} + r_{3,g} + r_{4,2}\}. \qquad (2)$$

Структура нейронної мережі для вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей

Для вирішення поставленої задачі було використано неповнозв'язну прямонапрямлену нейромережу, побудовану відповідно до математичної моделі.

Розглянемо структуру нейромережі, графічна модель якої зображена на рис. 2. Вона складається з трьох шарів нейронів.

Нейрони усіх шарів виконують зважене додавання. Як активаційна функція для нейронів першого та другого шарів обрана функція гіперболічного тангенсу *'tansig'*. Активаційною функцією нейронів третього шару є лінійна функція *'purelin'*. Аргументацією для її вибору стали лінійні залежності між вхідними даними й умовами задачі прогнозування розвитку ситуації та визначення наслідків прийнятих рішень, прогнозованими подіями й місцем ситуації та наслідками прийнятих рішень.

Шар 1. На нейрони цього шару надходять вхідні дані, необхідні для розпізнавання ситуації та генерації можливих рішень.

Шар 2. Нейрони цього шару виконують розпізнавання ситуації. Ці дані передаються на третій шар нейромережі.

Шар 3. Нейрони даного шару визначають можливі рішення для вирішення кожної ситуації.

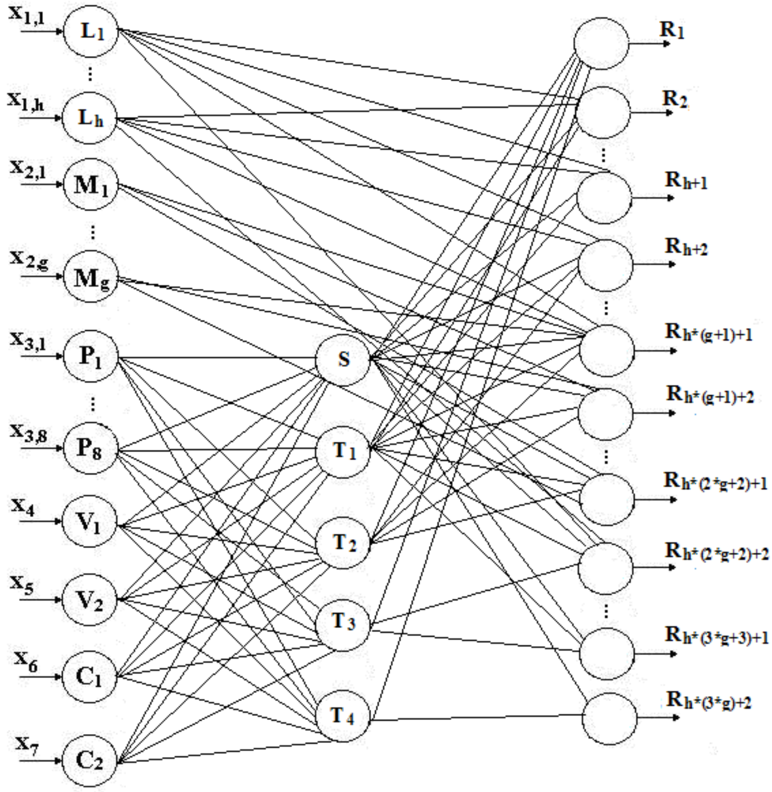


Рисунок 2 – Структура нейромережі для вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей

На входи нейромережі подаються 7 вхідних векторів: x_1 – географічне місце ситуації для загонів ППС, x_2 – географічне місце ситуації для загонів ДПС, x_3 – події місця ситуації, x_4 – людність місця ситуації, x_5 – небезпечність місця ситуації, x_6 – абсолютний час ситуації, x_7 – відносний час ситуації.

Для формування цих векторів використовуються бази даних місць ситуації, подій ситуації, прийнятих рішень, де для кожного поля існує відповідне значення вхідного елемента вибірки у заданому діапазоні. Дані значення визначаються з функціями належності, наведеними нижче:

– вектор $x_1 = [x_{1,1} \,..\, x_{1,h}]$, де h – це максимальна кількість загонів патрульно-постової служби (ППС) на дільниці. Кожне місце ситуації має свій номер в залежності від того, які загони ППС її контролюють, номер визначається з діапазону [0..500], де 500 – максимальна кількість географічних місць ситуації на одній середній дільниці для ППС. Для кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектора x_1, кожен з елементів якого має значення в діапазоні [0..1];

– вектор $x_2 = [x_{2,1} \,..\, x_{2,g}]$, де g – це максимальна кількість загонів дорожньо-патрульної служби (ДПС). Кожне місце ситуації має свій номер в залежності від того, які загони ДПС її контролюють, номер визначається з діапазону [0..100], де 100 – макси-

мальна кількість географічних місць ситуації на одній середній дільниці для ДПС. Для кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектора x_2, кожен з елементів якого має значення в діапазоні [0..1];

– вектор $x_3 = [x_{3,1} \ .. \ x_{3,8}]$. Кожна подія має свій номер в залежності від того, які сили для свого вирішення вона потребує з діапазону [0..200], де 200 – максимальна кількість можливих подій ситуації. Для кожного такого номера за трапецеїдальною функцією визначена комбінація значень вектора x_3, кожен з елементів має значення в діапазоні [0..1];

– входи x_4, x_5 приймають значення з діапазону [0..4], де 0 – відсутність людності/небезпеки, 1 – знижений рівень людності/небезпеки, 2 – середній рівень людності/небезпеки, 3 – підвищений рівень людності/небезпеки, 4 – найвищий рівень людності/небезпеки;

– вхід x_6 приймає значення з діапазону [0..3], де 0 – «глухі години», на вулиці люди майже відсутні, 1 – години, коли на вулиці буває небагато людей, 2 – години, коли на вулиці буває багато людей, 3 – години-пік;

– вхід x_7 приймає значення з діапазону [0..3], де 0 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло не більше 2 годин, 1 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло 2 – 24 години, 2 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло 24 – 48 годин, 3 – якщо з моменту виникнення ситуації пройшло більше 48 годин.

З виходів нейромережі зчитується вихідний вектор $r = [r_1 \ .. \ r_{h*(3*g+3)+2}]$. Значення 1 має той елемент, чий номер відповідає номеру рішення, для якого визначаються наслідки, усі інші елементи дорівнюють 0.

Неповнозв'язну прямонапрямлену нейронну мережу для вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмінностей було побудовано у пакеті Matlab. Її було навчено за допомогою алгоритмів градієнтного спуску *'traingd'*, градієнтного спуску з параметром швидкості настроювання *'traingda'*, градієнтного спуску зі збуренням *'traingdm'*, градієнтного спуску Полака-Рибейри *'traincgp'*, градієнтного спуску Моллера *'trainscg'*, оберненого поширення помилки *'trainrp'*, Флетчера _Рівса *'traincgf'*, методу січної OSS *'trainoss'* та Левенберга-Марквардта *'trainlm'*. Результати навчання мережі у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати навчання нейромережі за відповідними алгоритмами

Алгоритм	Кількість епох	Час навчання, с	Досягнута точність
Градієнтного спуску	1000	6 хв.	0,005
Градієнтного спуску з парам. швидкості настроювання	1350	7 хв. 30 с	0,005
Градієнтного спуску зі збуренням	1800	15 хв. 40 с	0,005
Градієнтного спуску Полака-Рибейри	1000	19 хв. 20 с	0,005
Градієнтного спуску Моллера	1000	12 хв. 15 с	0,005
Флетчера _Рівса	2000	14 хв. 40 с	0,005
Метода січної OSS	1230	14 хв. 50 с	0,005
Оберненого поширення помилки	635	4 хв. 50 с	0,005
Левенберга-Марквардта	1000	1 год. 34 хв.	0,005

З аналізу результатів навчання нейромережі слідує, що найкращу точність було досягнуто при використанні алгоритмів градієнтного спуску Моллера, методу січної, оберненого поширення помилки та Левенберга-Марквардта. Найшвидше мережа навчалася за алгоритмами градієнтного спуску, градієнтного спуску з параметром швидкості настроювання та оберненого поширення помилки.

Отже, навчання нейромережі за алгоритмом оберненого поширення помилки дозволяє досягнути найкращої точності за найменший час. Тому для вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмінностей було використано неповнозв'язну прямонаправлену нейромережу, навчену саме за цим алгоритмом.

Для тестування однакову кількість ситуацій було вирішено двома різними методами вирішення задачі розпізнавання ситуацій: методом, запропонованим у статті, та методом, що був застосований у системі підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб [4]. Правильність кожної розпізнаної ситуації та варіантів можливих рішень, їх відповідність існуючим планам дій оцінював начальник чергової зміни.

Результати оцінювання наведені у табл. 2. На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що використання запропонованого у статті методу дозволило підвищити відсоток правильно розпізнаних ситуацій до 96%.

Таблиця 2 – Результати розпізнавання ситуацій

	Правильність розпізнавання ситуації при використанні методу вирішення задачі розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень для СППР ОЧС	Правильність розпізнавання ситуації при використанні запропонованого у статті методу
Ситуація №1	100%	100%
Ситуація №2	95%	100%
Ситуація №3	80%	90%
Ситуація №4	95%	100%
Ситуація №5	90%	95%
Ситуація №6	100%	100%
Ситуація №7	100%	100%
Ситуація №8	90%	95%
Ситуація №9	80%	90%
Ситуація №10	90%	90%
Сумарний відсоток правильно розпізнаних ситуацій	92%	96%

Висновки

Аналіз математичної моделі задачі розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень показав, що вона є неефективною у випадку вирішення ситуацій великих розмінностей.

Тому було запропоновано вдосконалену математичну модель, яка не містить набору продукційних правил. Та на основі цієї моделі було побудовано прямонаправлену неповнозв'язну ШНМ для вирішення задачі розпізнавання ситуацій великих розмірностей.

Використання зазначеної ШНМ дозволило збільшити відсоток правильно розпізнаних ситуацій з 92% до 96%.

Література

1. Локазюк В.М. Система підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб / В.М. Локазюк, О.В. Поморова, В.Ю. Тітова // Вісник Хмельницького Національного університету. – 2005. – № 4, Ч. 1, т. 2. – С. 195-198.
2. Тітова В.Ю. Інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень оперативним черговим оперативно-чергової служби / В.Ю. Тітова // Искусственный интеллект. – 2006. – № 4. – С. 504-509.
3. Тітова В.Ю. Модель процесу розпізнавання ситуації та прийняття первинних рішень оперативним черговим оперативно-чергової служби / В.Ю. Тітова // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. – Харків : ХАІ. – 2007. – № 6. – С. 188-193.
4. Тітова В. Інтелектуальні методи для створення підсистеми прийняття первинних рішень системи підтримки прийняття рішень для оперативно-чергових служб / В. Тітова // Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів : Львівська політехніка. – 2007. – № 598. – С. 78-85.
5. Локазюк В.М. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем : навч. посібник / Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. – Київ : Такі справи. – 2001. – 286 с.

В.Ю. Титова
Интеллектуальный метод решения задачи распознавания ситуаций больших размерностей
В статье рассмотрена задача распознавания ситуаций больших размерностей, которая решается оперативным дежурным оперативно-дежурной службы после поступления информации о возникновении ситуации. Данная задача относится к трудноформализируемым задачам, а потому для ее решения были использованы интеллектуальные методы, а именно прямонаправленная, неполносвязная нейросеть.

V.U. Titova
Redictive Method for Solving the Problem of Recognizing Situations of Large Dimensions
The article considers the problem of recognizing situations of large dimensions, which is solved by operational duty of the detective-duty service after receiving information about the occurrence of the situation. This problem relates to the problems, which are difficult to formalize and therefore to solve it intelligent methods have been used, namely artificial neyronet.

Стаття надійшла до редакції 30.06.2010.